

学位論文題名

# Study on Representation and Generation of Three Dimensional Objects

(三次元オブジェクトの記述および生成に関する研究)

## 学位論文内容の要旨

今日のコンピュータ技術の急速な進展、ネットワーク環境の整備、機器の低価格化等により、多くの分野で実用的なアプリケーションが市場を賑わすようになった。よって、一般ユーザによる情報発信、情報交換のコンテンツも多岐にわたる時代と変化している。マルチメディアが日常生活に溶け込み、そのコンテンツも従来のテキスト、音声、画像、動画など多岐にわたるようになった。また、今後の実用化が待望視されているコンテンツのひとつとして、3次元オブジェクトが挙げられる。3次元オブジェクトは、そのニーズが高い一方、創出方法、データ容量などの課題により、広く普及しているとは言い難い現状にある。

本研究では、3次元オブジェクトをいかに簡易に表現し、いかに簡易に生成できるかに焦点を当てている。3次元オブジェクトを利用する場合、全ての用途において高画質・高精細が要求されるわけではない。機器やマンパワーに制限を設けず高精度、高画質を要求する場合と、一般ユーザが汎用的に情報交換を行う場合とではパラダイムが必然的に異なるものとなる。本研究は、後者のパラダイムに相当し、一般ユーザのマルチメディア、テレコミュニケーションの底辺を支える要素技術を提案するものである。同時に、本研究では実世界のモデル化すなわち、既存物体をいかに簡易にモデリングし、いかに低コストで配信、利用するかに焦点をあてている。

本手法では3DコンテンツをSVE(Screened Voxel Expressions)という表現形式を用いてモデル化する。SVEにより表現されているモデルをSVM(Screened Voxel Model)と称する。SVMは幾何情報を持つ3次元オブジェクトの表現モデルであり、ポリゴンモデルに対峙するものである。SVEを用いると、コアとなるデータ容量が小さいため、現行のネットワーク環境下で低コストの配信が可能となる。また、3DDDAを利用してSVEに適したレンダリングが可能となる。

また、3次元オブジェクトの生成技法としてBRTM(Bi-directional Ray Traversal Modeling)について報告する。BRTMは実世界に存在するオブジェクトを計算機内にモデル化する推定技法である。入力情報として、対象物を撮影した画像とカメラパラメータを与える。推定実験では、画像の取得には民生用のビデオカメラを用い、画像内にグラフ用紙を配置することによりカメラキャリブレーションを行っている。BRTMは、従来手法と異なり、対象物表面上の特徴点を必要とせず、また特殊なハードウェア等を必要としない推定手法である。BRTMによって実世界の対象物はSVMとしてモデル化される。

本論文の構成を以下に述べる。

第一章では、情報コンテンツについて現状と動向を述べるとともに、本研究の位置づけ

を行う。情報コンテンツの種類が多岐にわたる今日、待望視されるコンテンツのひとつとして3次元オブジェクトが考えられる。3次元オブジェクトを扱う上で問題となる事項が、その生成の難しさと、配信および再利用のコストである。本研究では、ユーザフレンドリーかつインフラストラクチャフレンドリーな SVE と BRTM という表現技法と生成技法の提案により問題の解決を試みる。

第二章では、SVE について詳説する。SVE は、オブジェクトの表現技法であり、従来のポリゴンモデルに対峙するものである。3次元シーンの表現方法として研究の進められている、3次元テクスチャ、光線空間法、Voxel coloring 等と比較しながら、それぞれの目指すところおよび現在の課題などを述べる。SVE は、ボクセルプロパティによって幾何情報を表現する。ボクセルプロパティは状態変数と、色情報から構成される。状態変数は2種類存在する。それぞれ on the surface、off the surface と呼ばれ、対象物表面上に位置するボクセルか否かを表す変数である。対象物表面上に存在するボクセル（すなわち on the surface 状態）として認知されているボクセルは、表面色の色情報をもつことになる。推定の過程の中では、複数色存在し、候補色と呼ばれる色情報も推定が終了する時点では1色に確定される。各ボクセルはID番号で識別される。よって、on the surface 状態を維持したまま、全プロセスを終了したボクセルのIDとそのボクセルがもつ確定色をまとめることにより、コアデータが生成される。

第三章では、BRTM の具体的なアルゴリズムについて詳説する。BRTM は3次元オブジェクトの生成技法である。BRTM は実世界に存在する対象物を、その画像情報をもとに SVM としてモデル化する。3次元オブジェクトを計算機内でモデル化する場合には、レンジファインダーなどの特殊な機器を用いて3次元計測を行う手法が確立されている。しかし、高価な機器を必要とする上、対象物の大きさや設置場所に制限があり、広く利用されるには至っていない。一方、対象物を撮影した複数枚の画像情報をもとに3次元幾何形状を推定する手法が盛んに研究されている。しかし、広く汎用的に用いられる手法はいまだに確立されていない。その問題点のひとつとして、特徴点の扱いが挙げられる。これらの手法では、対象物のテクスチャや形状の境界などを、特徴点あるいは特徴領域として抽出し、異なる画像間での追跡を行うことにより、距離画像を求める方法が一般的である。しかし、特徴点の扱いには多くの課題が残されており、汎用的に用いることのできる手法が確立されていない。BRTM は、特徴点の抽出および追跡を必要としない。また、特殊な機器を必要としない。BRTM は、双方向のレイトレースにより、個々のボクセルプロパティを特定する手法により、SVM を生成する。この具体的な手法についての説明を行う。

第四章では、レンダリングアルゴリズムについて述べる。ポリゴンモデルのレンダリングにおいてZバッファ法、レイトレーシング法などのレンダリングアルゴリズムが存在する。本章では、SVM におけるレンダリングアルゴリズムについて説明する。SVM は、ポリゴンレンダリングのアルゴリズムは適用できない。本研究では、3DDDA を利用した SVM のレンダリングアルゴリズムについて説明する。

第五章では、実験を用いたアルゴリズムの検証結果を詳説する。カメラキャリブレーションを必要としない CG アニメーションフレームからの推定例と同時に、キャリブレーションおよび露出補正を必要とする屋外での実写画像からの推定例等を報告する。

第六章では、全体を通しての考察および課題等について説明を行う。本研究により、3次元オブジェクトの生成技法としての BRTM および3次元オブジェクトの表現技法としての SVE は検討事項をいくつか残すものの、今後のマルチメディア、テレコミュニケーションの分野で3次元コンテンツを支える一要素としての位置づけが行えたと考える。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 本 強  
副 査 教 授 青 木 由 直  
副 査 教 授 北 島 秀 夫

学 位 論 文 題 名

## Study on Representation and Generation of Three Dimensional Objects

(三次元オブジェクトの記述および生成に関する研究)

今日のマルチメディア環境下において、そのコンテンツは文字、画像、音声、動画など様々な媒体を用いて表現されている。これらの表現技法が多岐にわたる中、今後待望視される表現技法のひとつに3次元オブジェクトが考えられる。しかし、3次元オブジェクトは、その記述が難しい上、データ容量も高くなる傾向があり、一般ユーザに広く利用されているとは言い難い状況にある。

本論文では、3次元オブジェクトの新しい表現方法および生成方法について報告されており、実験等を交えてその有効性が示されている。本研究の主要な成果は以下の点に要約される。

1. 3次元オブジェクトの新たな表現方法としてSVE (Screened Voxel Expressions) を提案している。SVEは、従来からの品質優先の表現モデルとは異なり、コスト優先で3次元オブジェクトの記述を行っている。SVEは、ボクセル空間を基に幾何形状を表現する手法であり、オブジェクトの全体像を均一密度および低容量で表現することが可能である。
2. 3次元オブジェクトの新たな生成方法としてBRTM (Bi-directional Ray Traversal Modeling) を提案している。BRTMは、対象物を撮影した複数枚の2次元画像をもとに、SVEで表現された3次元オブジェクトであるSVM (Screened Voxel Model) を生成する。この手法においては、多くの従来手法において課題とされている「特徴点の抽出および追跡」を必要としない。
3. SVMに適したレンダリングアルゴリズムを明らかにしている。
4. 以上の概念を統合し、カメラキャリブレーションと露出補正を必要としないアニメーションフレームからのモデル生成、およびその双方を必要とする実写画像からのモデル生成について実験および考察を行いその発展の可能性を明らかにしている。

これを要するに、著者は従来の3次元オブジェクトの表現および生成方法が抱える問題点を明らかにし、今後のマルチメディア技術を支える要素技術を提案しており、画像工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。